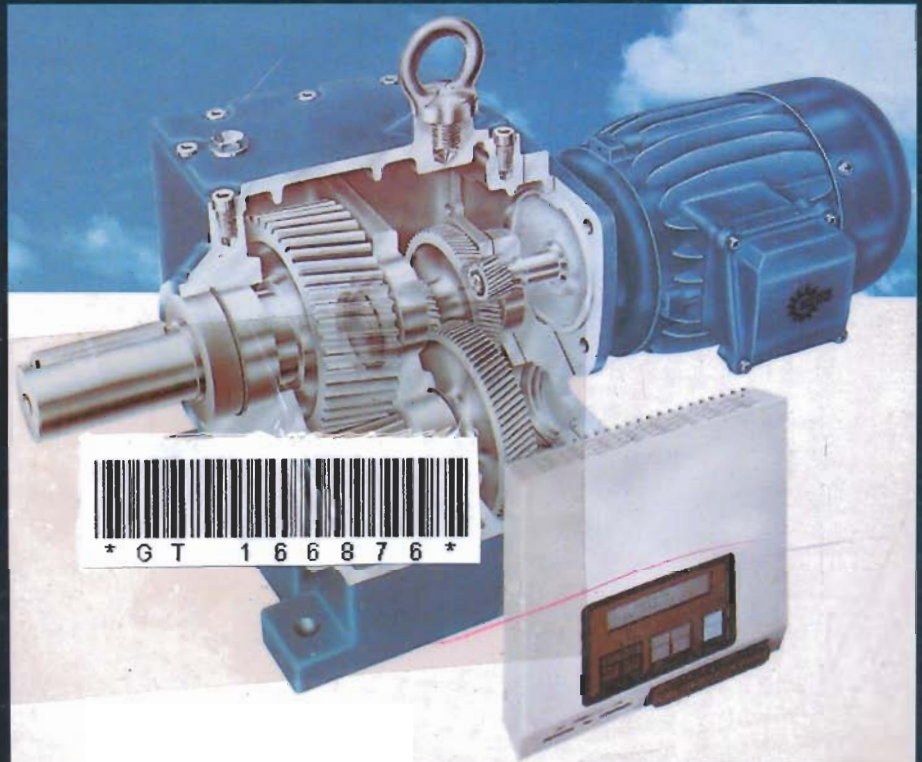


TRINH CHẤT - LÊ VĂN UYỂN

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ HỆ DẪN ĐỘNG CƠ KHÍ

TẬP HAI



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

Phần ba

THIẾT KẾ KẾT CẤU

13. KẾT CẤU TRỤC

Kích thước cơ bản và vật liệu chế tạo trục đã được xác định trong phần tính sức bền trục. Khi thiết kế kết cấu trục cần xét tới một số điểm sau:

- Kết cấu trục và vấn đề nâng cao sức bền mỏi của trục;
- Cố định các tiết máy trên trục;
- Kết cấu trục và vấn đề công nghệ.

13.1. KẾT CẤU TRỤC VÀ VẤN ĐỀ NÂNG CAO SỨC BỀN MỎI CỦA TRỤC

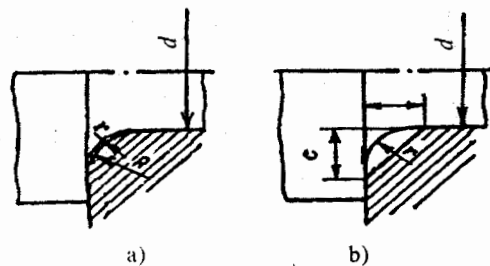
Kết cấu trục phải ít gây tập trung ứng suất nhất. Có hai loại trục thông dụng: trục trơn và trục bậc.

- Trục trơn: là loại trục có đường kính không thay đổi theo chiều dài trục. Trục trơn có cấu tạo đơn giản, giá thành rẻ và không gây ra tập trung ứng suất (trừ rãnh then). Thiếu sót chủ yếu của trục trơn là không thuận lợi trong lắp ghép nhất là đối với mối ghép độ dôi, không dùng được hệ thống lỗ và không phù hợp với điều kiện phân bố tải trọng dọc trục, do vậy trục sẽ rất nặng.

- Trục bậc: các phần trục có lắp các tiết máy, đường kính trục thường được lấy khác nhau. Như vậy, trục bậc tuy có kết cấu phức tạp, dễ gây nên tập trung ứng suất nhưng lại đảm bảo các điều kiện lắp ghép. Mặt khác, trục bậc phù hợp với sự phân bố tải nên trong thực tế trục bậc được dùng nhiều. Đường kính các đoạn trục thường được lấy theo tiêu chuẩn.

Riêng đối với phần trục không lắp chi tiết, có thể dùng đường kính không theo tiêu chuẩn.

Đối với những chỗ có tiết diện trục thay đổi (rãnh then, vai trục,...) thường phải làm góc lượn chuyển tiếp. Đối với vai trục, bán kính góc lượn r của trục phải nhỏ hơn bán kính (R) hoặc chiều dài phần vát (C) của chi tiết lắp trên nó nhằm đảm bảo chi tiết có thể tỳ sát vào mặt định vị của vai trục (h. 13-1a, b). Kích thước của cạnh vát và bán kính góc lượn r và R có thể lấy theo bảng 13-1.



Hình 13-1

Bảng 13-1. Bán kính góc lượn và chiều dài phần vát phần trục lắp chi tiết

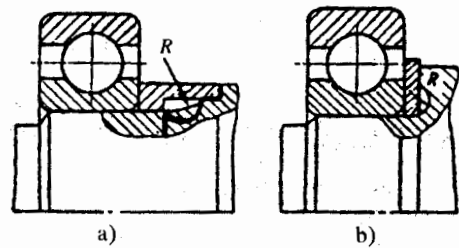
| Bán kính góc lượn | Đường kính trục (mm) | | | | | | | |
|-------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|---------|
| | 10-14 | 14-18 | 18-30 | 30-50 | 50-80 | 80-120 | 120-150 | 150-220 |
| r | 0,4 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 4,0 | 5,0 |
| R hoặc C | 1 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 |

Riêng những phần trục không mang tiết máy, bán kính góc lượn nên lấy càng lớn càng tốt (bảng 13-2).

Bảng 13-2. Bán kính góc lượn của phần trục không mang tiết máy

| D-d | R | D-d | R | D-d | R | D-d | R | D-d | R | D-d | R |
|-----|---|-----|---|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|
| 2 | 1 | 10 | 4 | 25 | 10 | 40 | 16 | 65 | 20 | 100 | 30 |
| 5 | 3 | 15 | 5 | 30 | 12 | 50 | 16 | 70 | 25 | 130 | 30 |
| 8 | 3 | 20 | 8 | 35 | 12 | 55 | 20 | 90 | 25 | 140 | 40 |

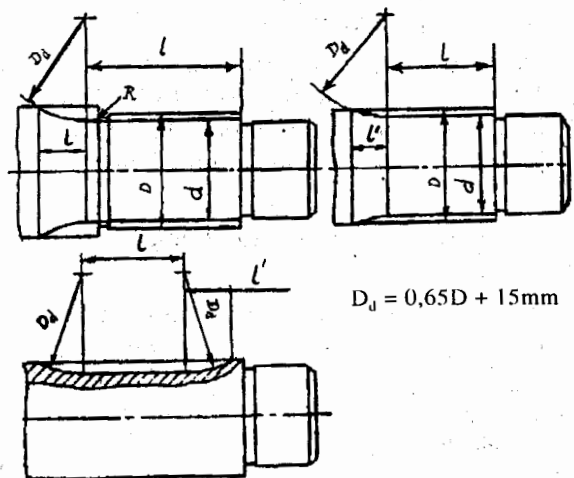
Để giảm tập trung ứng suất có thể làm góc lượn hình elíp nhưng chế tạo loại góc lượn này khó khăn hơn. Cũng có thể làm rãnh cong bên cạnh góc lượn (h.13-2b) hoặc làm thêm vòng cách giữa tiết máy với vai trục (h.13-2a).



Hình 13-2
Kết cấu trục giảm tập trung ứng suất

Đối với mối ghép then, rãnh then làm giảm sức bền của trục, cho nên để đảm bảo sức bền trục cần phải tăng đường kính thân trục: tăng 4% khi dùng một rãnh then, tăng 10% khi dùng hai rãnh then đặt cách nhau 180° hoặc 3 rãnh đặt cách đều.

Nếu trên một trục cần thực hiện hai hay nhiều then trên các đoạn trục có đường kính khác nhau, thì kích thước then (chiều rộng rãnh trên trục b) nên lấy như nhau và nên bố trí trên cùng một mặt phẳng.



Hình 13-3. Giảm tập trung ứng suất bằng cách dùng then hoa

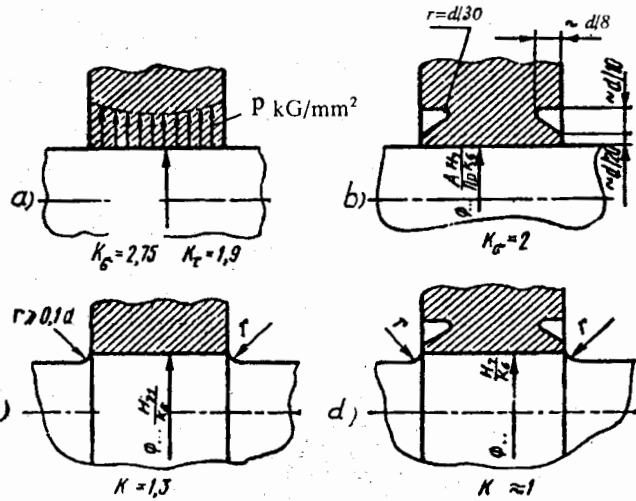
Để giảm tập trung ứng suất do rãnh then, nên chế tạo rãnh then bằng dao phay đĩa (h.13-3).

Trong trường hợp này đoạn cuối của rãnh then được phay cạn dần theo hình dạng của dao phay. Chiều dài đoạn rãnh cạn dần (l') được xác định theo sơ đồ trên các hình 13-3abc, phụ thuộc vào đường kính của dao phay D_d . Đường kính của dao phay có thể chọn như sau:

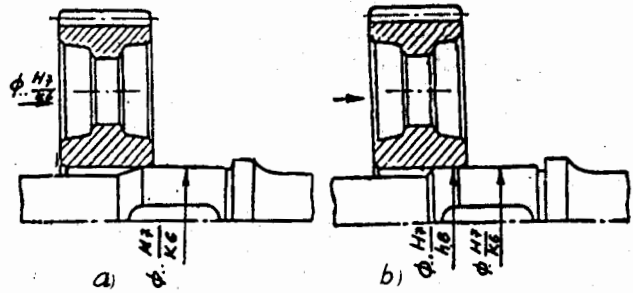
$$D_d \approx 0,65d + 15\text{mm}$$

Ngoài ra, dùng dao phay đĩa, năng suất gia công sẽ cao hơn so với dùng dao phay ngón.

Mặt khác, để giảm tập trung ứng suất ở các đoạn trục có lắp độ đôi, nên làm bán kính góc lượn tại chỗ tiếp xúc của mép máyơ và trục (h.13-4b), làm mềm máyơ (h.13-4c), hoặc dùng phối hợp hai phương pháp trên. Đồng thời để thuận tiện khi lắp, lỗ máyơ cần được vát mép, bề mặt trục có đoạn dẫn hướng hình côn (h.13-5a) hoặc hình trụ (h.13-5b) trong đó đoạn dẫn hướng hình trụ dùng kiểu lắp có độ hở.



Hình 13-4
Thí dụ về giảm tập trung ứng suất bằng cách làm mềm máyơ



Hình 13-5
Thí dụ về kết cấu trục và lỗ máyơ khi lắp có độ đôi

13.2. CỐ ĐỊNH CÁC TIẾT MÁY TRÊN TRỤC

Các tiết máy lắp trên trục như bánh răng, bánh đai, ổ lăn,... cần được cố định chặt trên trục (trừ mối ghép di động) theo hai phương.

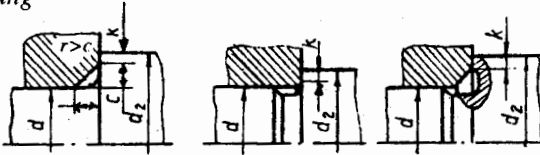
13.2.1. Cố định theo phương tiếp tuyến

Nhờ cố định tiết máy theo phương tiếp tuyến, chuyển động và lực (mômen xoắn T) từ tiết máy được truyền sang trục hoặc ngược lại. Thường dùng mối ghép then, then hoa hoặc ghép có độ đôi. Chọn phương pháp nào để cố định chi tiết theo phương tiếp tuyến phụ thuộc vào trị số mômen xoắn cần truyền, các yêu cầu về độ đồng tâm của tiết máy lắp trên trục cũng như tính chất sử dụng. Kích thước của then, then hoa xem ở mục 10, bảng 10-1 đến 10-4.

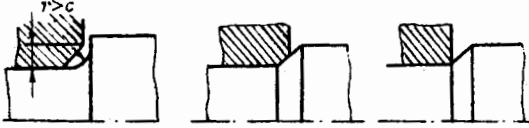
13.2.2. Cố định tiết máy theo phương dọc trục

Để cố định tiết máy theo phương dọc trục có thể sử dụng: vai trục, gờ trục, bạc chặn, mặt côn, bulông và vòng đệm hãm, vòng hãm lò xo, ghép có độ đôi hoặc then vát. Chọn phương pháp nào để cố định chi tiết theo phương pháp dọc trục phụ thuộc vào trị số của lực dọc trục và yêu cầu về các mặt khác.

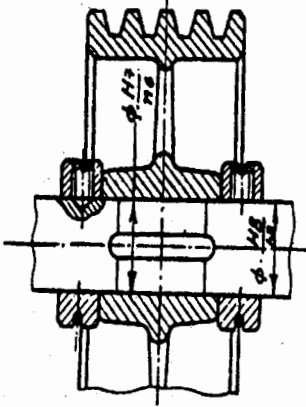
Đúng



Sai



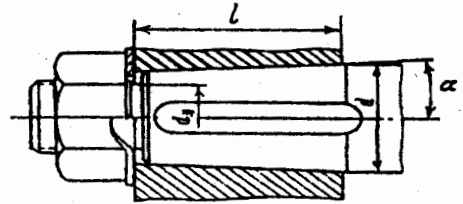
Hình 13-6



Hình 13-7. Thí dụ về phương pháp cố định chi tiết trên trục

Vai trục (h.13-1) có mặt định vị và góc lượn. Trong mọi trường hợp, cần phải đảm bảo chi tiết tỳ sát vào mặt định vị của vai trục. Vì vậy, cần chú ý chế tạo bán kính góc lượn của vai trục nhỏ hơn bán kính góc lượn hoặc chiều dài phần vát của chi tiết lắp ghép (h.13-1). Trên hình 13-6 trình bày một số phương án cố định tiết máy theo phương dọc trục bằng cách dùng vai trục.

Gờ trục có thể làm liền với trục hoặc có thể thay bằng vòng kim loại lắp chặt trên trục. Nếu gờ gây trở ngại cho việc tháo lắp tiết máy thì có thể thay bằng vòng chặn được bắt vít vào trục (h.13-7). Nhưng trong trường hợp này vòng chặn không chịu được lực dọc trục lớn.



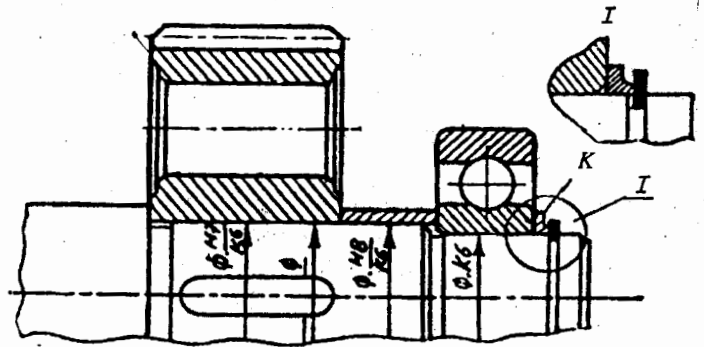
Hình 13-8. Thí dụ về phương pháp cố định chi tiết trên trục

Ghép bằng mặt côn cho phép độ đồng tâm cao và dùng trong trường hợp chịu tải va đập, rung động (h.13-8), độ côn thường chọn 1/10. Cũng có thể dùng vít tỳ. Trong trường hợp này, trên mayơ cần gia công lỗ bắt vít và dùng vít bắt chặt vào trục (xem h.18-18a).

Bạc chặn dùng để cố định khoảng cách giữa hai tiết máy. Cũng như vai trục, bạc chặn cần được tỳ sát vào mặt đầu của chi tiết (h.13-9).

Đai ốc, vòng hãm kết hợp với ghép có độ dôi thường dùng để cố định vòng trong ổ lăn lên trục (Kết cấu và các kích thước cơ bản của các chi tiết cố định cho trong bảng và hình vẽ 15-1 đến 15-6), phương pháp này cũng dùng để cố định các chi tiết lắp trên đầu trục như bánh đai, đĩa xích...

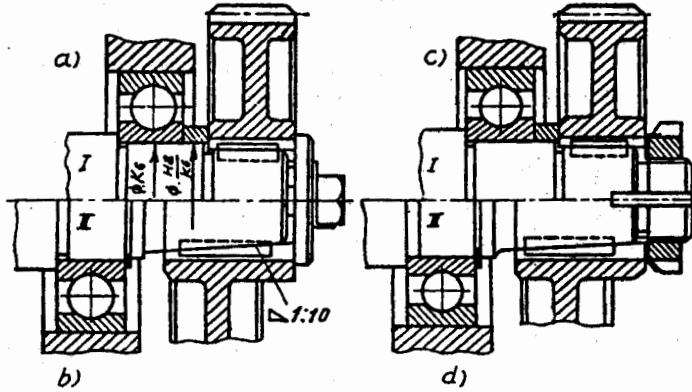
Then vát được dùng để cố định đồng thời chi tiết theo phương dọc trục và theo phương tiếp tuyến.



Hình 13-9

Tuy có ưu điểm gọn nhẹ, nhưng mối ghép then vát gây nên độ lệch tâm của tiết máy lắp ghép, vì vậy phương pháp này chỉ dùng cho các mối ghép không quan trọng.

Khi dùng các phương pháp đã nêu trên chỉ cho phép cố định các tiết máy theo một chiều nhất định. Muốn cố định cả hai phương chiều nhất định phải phối hợp đồng thời các phương pháp đã nêu trên, xem hình 13-10abcd.



Hình 13-10. Các phương án cố định chi tiết trên trục theo phương dọc trục và theo phương tiếp tuyến

13.3. KẾT CẤU TRỤC VÀ VẤN ĐỀ CÔNG NGHỆ

Yếu tố công nghệ gia công trục thể hiện ở một số điểm sau đây:

- Kích thước (đường kính, chiều dài) của các phần trục;
- Độ chính xác, độ nhám của bề mặt gia công.

Khi thiết kế kết cấu trục cần quan tâm đúng mức đến yếu tố công nghệ.

Nếu trục được sản xuất với số lượng không lớn và trục được gia công trên những máy tiện vạn năng thì không đề ra yêu cầu về công nghệ đối với chiều dài các đoạn trục. Nhưng trong sản xuất hàng loạt và hàng khối, trục được gia công trên máy tiện nhiều dao. Để giảm hành trình dao và thời gian gia công, chiều dài các đoạn trục nên lấy bằng nhau hoặc là bội số của chiều dài nhỏ nhất.

Để thuận tiện cho việc lắp ghép (các chi tiết lắp bên trong có thể lồng qua các phần trục bên ngoài) và để giảm tiêu hao vật liệu, cũng như thuận tiện cho việc kiểm tra, đường kính các đoạn trục nên lấy theo trị số tiêu chuẩn và chênh lệch nhau không nhiều. Các trị số tiêu chuẩn của đường kính trục xem ở mục 10.

Kích thước rãnh thoát dao, góc lượn, chiều dài phần vát... nên chọn như nhau, như vậy sẽ giảm được số lượng dao gia công trục. Trên một trục, nếu bố trí nhiều then ở các đoạn trục khác nhau thì nên lấy chiều rộng rãnh then là như nhau và nên bố trí trên cùng một mặt phẳng.

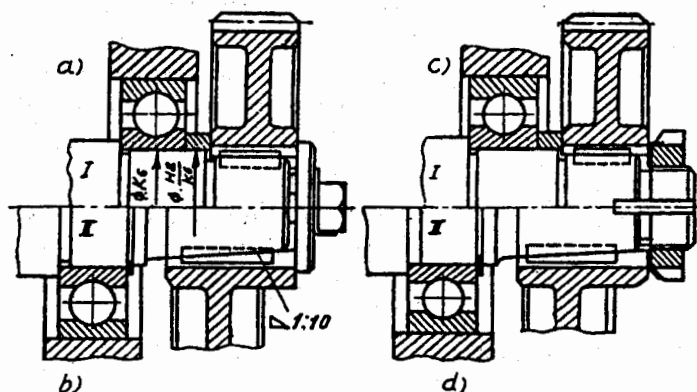
Độ chính xác và độ nhám bề mặt trục có ảnh hưởng lớn đến tình hình làm việc của trục và các chi tiết lắp trên nó, cũng như giá thành chế tạo trục.

Chọn cấp chính xác cần phải căn cứ vào điều kiện làm việc của các chi tiết máy lắp trên nó. Các yêu cầu về độ đảo, độ thẳng góc,... xem ở phần bản vẽ chế tạo bánh răng và trục (mục 20 và 21 của tài liệu này).

Độ nhám của các bề mặt trục cũng ảnh hưởng đến sự làm việc của trục và giá thành chế tạo trục. Độ nhám bề mặt được đặc trưng bởi trị số Rz (Rz: chiều cao trung bình các mấp mô, tính bằng μm). Nếu độ nhám bề mặt tăng, tức trị số Rz giảm, thì giá thành chế tạo tăng lên. Tuy nhiên, nếu độ nhám quá thấp thì làm giảm sức bền mỏi của trục, làm

Tuy có ưu điểm gọn nhẹ, nhưng mối ghép then vít gây nên độ lệch tâm của tiết máy lắp ghép, vì vậy phương pháp này chỉ dùng cho các mối ghép không quan trọng.

Khi dùng các phương pháp đã nêu trên chỉ cho phép cố định các tiết máy theo một chiều nhất định. Muốn cố định cả hai phương chiều trục nhất định phải phối hợp đồng thời các phương pháp đã nêu trên, xem hình 13-10abcd.



Hình 13-10. Các phương án cố định chi tiết trên trục theo phương dọc trục và theo phương tiếp tuyến

13.3. KẾT CẤU TRỤC VÀ VẤN ĐỀ CÔNG NGHỆ

Yếu tố công nghệ gia công trục thể hiện ở một số điểm sau đây:

- Kích thước (đường kính, chiều dài) của các phần trục;
- Độ chính xác, độ nhám của bề mặt gia công.

Khi thiết kế kết cấu trục cần quan tâm đúng mức đến yếu tố công nghệ.

Nếu trục được sản xuất với số lượng không lớn và trục được gia công trên những máy tiện vạn năng thì không đề ra yêu cầu về công nghệ đối với chiều dài các đoạn trục. Nhưng trong sản xuất hàng loạt và hàng khối, trục được gia công trên máy tiện nhiều dao. Để giảm hành trình dao và thời gian gia công, chiều dài các đoạn trục nên lấy bằng nhau hoặc là bội số của chiều dài nhỏ nhất.

Để thuận tiện cho việc lắp ghép (các chi tiết lắp bên trong có thể lồng qua các phần trục bên ngoài) và để giảm tiêu hao vật liệu, cũng như thuận tiện cho việc kiểm tra, đường kính các đoạn trục nên lấy theo trị số tiêu chuẩn và chênh lệch nhau không nhiều. Các trị số tiêu chuẩn của đường kính trục xem ở mục 10.

Kích thước rãnh thoát dao, góc lượn, chiều dài phần vít... nên chọn như nhau, như vậy sẽ giảm được số lượng dao gia công trục. Trên một trục, nếu bố trí nhiều then ở các đoạn trục khác nhau thì nên lấy chiều rộng rãnh then là như nhau và nên bố trí trên cùng một mặt phẳng.

Độ chính xác và độ nhám bề mặt trục có ảnh hưởng lớn đến tình hình làm việc của trục và các chi tiết lắp trên nó, cũng như giá thành chế tạo trục.

Chọn cấp chính xác cần phải căn cứ vào điều kiện làm việc của các chi tiết máy lắp trên nó. Các yêu cầu về độ đảo, độ thẳng góc,... xem ở phần bản vẽ chế tạo bánh răng và trục (mục 20 và 21 của tài liệu này).

Độ nhám của các bề mặt trục cũng ảnh hưởng đến sự làm việc của trục và giá thành chế tạo trục. Độ nhám bề mặt được đặc trưng bởi trị số Rz (Rz: chiều cao trung bình các mấp mô, tính bằng μm). Nếu độ nhám bề mặt tăng, tức trị số Rz giảm, thì giá thành chế tạo tăng lên. Tuy nhiên, nếu độ nhám quá thấp thì làm giảm sức bền mỏi của trục, làm

giảm khả năng chịu tải va đập, rung động, làm giảm áp suất (khả năng tải) của mối ghép độ dôi. Khi chọn độ nhám của bề mặt gia công, cần đặc biệt chú ý tới khả năng của thiết bị hiện có.

Vì trục dễ chế tạo hơn nên thường chọn độ nhám của trục nhỏ hơn độ nhám của bề mặt lỗ cùng mối ghép. Thí dụ trong mối ghép có cấp chính xác 2, độ nhám bề mặt lỗ thường là $R_z = 6,3 \sim 10\mu\text{m}$ trong khi đó, độ nhám của bề mặt trục tương ứng là:

$$R_z = 3,2 \sim 6,3\mu\text{m}.$$

Độ nhám bề mặt của mối ghép cố định được chọn phụ thuộc vào kiểu lắp. Khi đường kính trục càng bé thì R_z càng phải nhỏ, do đó chất lượng mối ghép càng đảm bảo hơn. Đối với mối ghép chặt, độ nhám bề mặt trục thường chọn $R_z \leq 6,3\mu\text{m}$, còn trong mối ghép trung gian, độ nhám thường là $R_z \leq 20\mu\text{m}$.

Đối với mối ghép di động, độ nhám được chọn phụ thuộc vào cấp chính xác và thỏa mãn những yêu cầu của tiết máy lắp trên đó. Đối với ổ trượt, độ nhám của ngõng trục và lót ổ được chọn như đã chọn khi tính ổ bôi trơn ma sát ướt, tức là:

$$R_{z1} + R_{z2} \leq h_{\min}$$

R_{z1}, R_{z2} : chiều cao nhấp nhô của bề mặt ngõng trục và lót ổ tương ứng.

h_{\min} : chiều dày nhỏ nhất của lớp dầu.

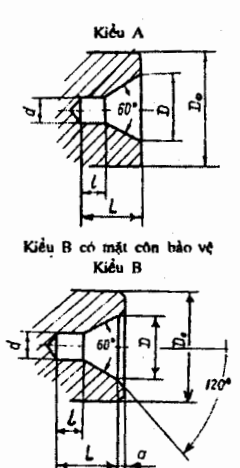
Độ nhám bề mặt của ngõng trục dùng lắp ổ lăn được chọn phụ thuộc vào cấp chính xác ổ lăn và kích thước của ổ lăn, có thể tham khảo ở bảng 22-4.

Các đoạn trục mang đệm chắn bụi và lót kín nên chọn độ nhám bề mặt có R_z nhỏ để có thể tăng tuổi thọ cho bộ phận lót kín.

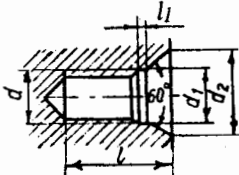
Đối với các bề mặt then: các bề mặt bên của rãnh then nên chọn độ nhám có $R_z < 20\mu\text{m}$ hoặc đôi khi $R_z < 10\mu\text{m}$, còn các bề mặt không làm việc có thể chọn $R_z \leq 40\mu\text{m}$.

Trục thường được gia công trên máy tiện cho nên cần phải làm lỗ tâm, đặc biệt đối với trục có kích thước lớn (chiều dài và đường kính). Bảng 13-3 và 13-4 trình bày một số kết cấu lỗ tâm và kích thước của lỗ tâm. Sau khi gia công xong trục, phần lỗ tâm có thể bị cắt bỏ nếu như bộ phận máy không cho phép dùng lỗ tâm. Trường hợp này, trên bản vẽ phải ghi chú "cắt bỏ lỗ tâm".

Bảng 13-3. Kết cấu và kích thước lỗ tâm kiểu A và B

|  | Lỗ tâm (kích thước mm) | | | | | |
|---|------------------------|-----------------|-----|-----------------|---|-------------------------|
| | Lỗ theo kiểu A và B | | | | Số liệu sơ bộ để chọn kích thước lỗ tâm | |
| | d kiểu A và B | D không lớn hơn | L | l không lớn hơn | a ≈ | D ₀ nhỏ nhất |
| 2 | 5 | 5 | 2,4 | 0,8 | 8 | Từ 10 đến 18 |
| 2,5 | 6 | 6 | 3 | 0,8 | 10 | " 18 đến 30 |
| 3 | 7,5 | 7,5 | 3,6 | 1 | 12 | " 30 đến 50 |
| 4 | 10 | 10 | 4,8 | 1,2 | 15 | " 50 đến 80 |
| 5 | 12,5 | 12,5 | 6 | 1,5 | 20 | " 80 đến 120 |
| 6 | 15 | 15 | 7,2 | 1,8 | 25 | " 120 đến 180 |
| 8 | 20 | 20 | 9,6 | 2 | 30 | " 180 đến 220 |
| 12 | 30 | 30 | 14 | 2,5 | 42 | " 220 và lớn hơn |

Bảng 13-4. Kết cấu và kích thước lỗ tâm loại I và II

| Lỗ tâm của đầu trục lắp đệm chắn (kích thước mm) | | | | | | |
|---|--|-----------|-------|------------|-----|-------|
|  | Đường kính trục | d_{ren} | d_1 | d_2 | l | l_1 |
| | Loại 1: cố định bằng một vít chính tâm | | | | | |
| | Từ 30, 35, 40 | 10 | 10,5 | 13 | 25 | 1,9 |
| | Từ 45,50 | 12 | 12,5 | 18 | 25 | 2,4 |
| | Từ 55 đến 90 | 16 | 16,5 | 22 | 32 | 2,4 |
| Từ 95 đến 100 | 20 | 20,5 | 30 | 35 | 3,0 | |
| Loại 2: Cố định bằng 2 vít | | | | | | |
| Đường kính trục | d | D | l | L nhỏ nhất | | |
| Từ 105 đến 120 | 8 | 20 | 10 | 15 | | |
| Ren hệ mét | | | | | | |

14. CÁC CHI TIẾT TRUYỀN ĐỘNG

14.1. KẾT CẤU BÁNH RĂNG

14.1.1. Kết cấu bánh răng

Các thông số cơ bản của bánh răng (đường kính, chiều rộng, môđun, số răng,...) đã được xác định khi thiết kế bánh răng. Dưới đây trình bày chủ yếu việc thiết kế kết cấu của bánh răng.

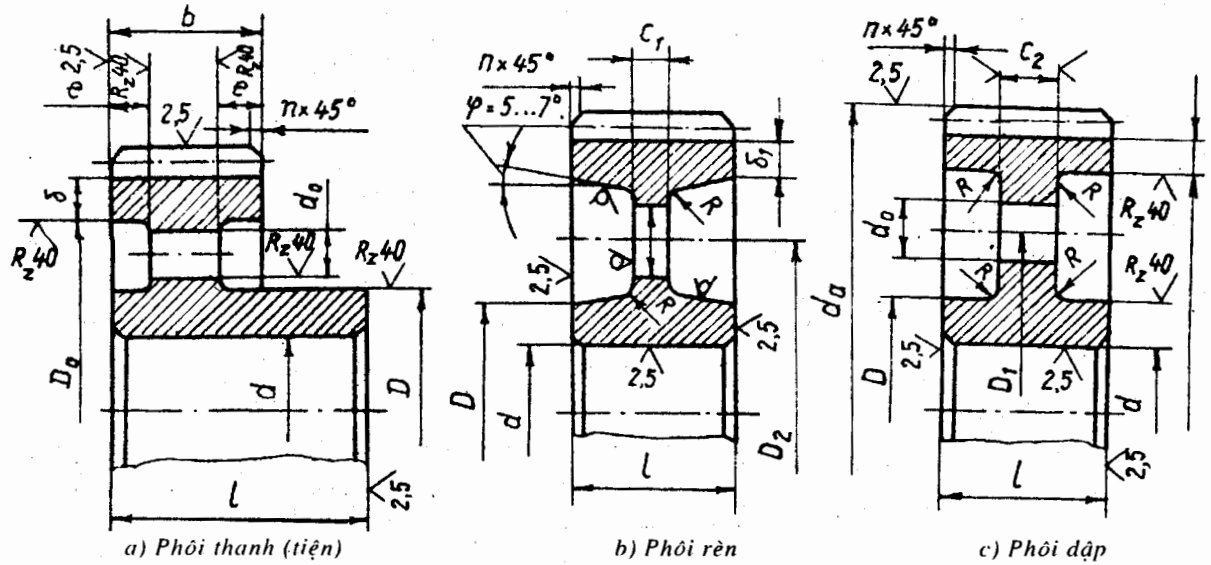
Hình dạng, kết cấu của bánh răng được xác định chủ yếu theo yếu tố công nghệ gia công và phương pháp chế tạo phôi bánh răng.

Khi lựa chọn phương pháp tạo phôi bánh răng cần chú ý đến vật liệu chế tạo bánh răng, kích thước cũng như dạng sản xuất (sản xuất đơn chiếc, hàng khối,...).

Vật liệu chế tạo bánh răng thường là thép, gang hoặc chất dẻo. Phương pháp chế tạo phôi là rèn, dập, cán, đúc hoặc hàn khi đường kính bánh răng $\leq 400 + 500\text{mm}$ (trường hợp cá biệt tới 600mm).

Trong sản xuất đơn chiếc và loạt nhỏ, khi bánh răng có đường kính $d_s < 250\text{mm}$ thường dùng phương pháp rèn hoặc dập, với kích thước lớn hơn thường dùng phương pháp rèn tự do để tạo phôi.

Nếu dùng phương pháp rèn tự do hoặc cán thì kết cấu bánh răng phải đơn giản. Dạng đĩa phẳng thường được sử dụng khi $d_a < 250\text{mm}$ (hình 14-1a). Mặt đầu của vành răng và máy cưa cần được gia công đạt $R_z < 20\mu\text{m}$. Với bánh răng có kích thước lớn ($d_a = 250 \div 600\text{mm}$) để giảm tiêu hao vật liệu và giảm khối lượng gia công cơ, có thể dùng kết cấu trình bày trên hình 14-1b. Khi $d_a \geq 600\text{mm}$ và sản xuất đơn chiếc, có thể dùng bánh răng hàn (xem mục 17-2).

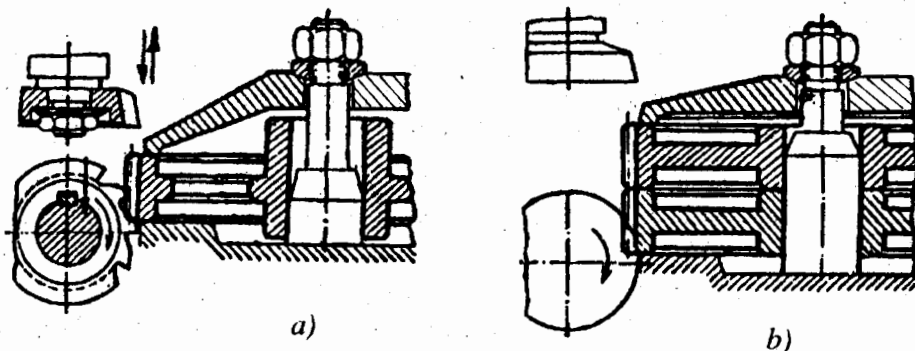


Hình 14-1

Với quy mô sản xuất trung bình và lớn, khi bánh răng có kích thước không lớn ($d_a < 600\text{mm}$), thường chọn phương pháp dập để chế tạo phôi bánh răng. Dập cho năng suất cao và hình dạng phôi gần với hình dạng chi tiết nhất. Độ nhám bề mặt của phôi thấp, do đó không cần gia công cơ những bề mặt không làm việc. Đĩa nan hoa có thể làm đối xứng hoặc không đối xứng. Để kim loại dễ điền đầy khi dập, các độ dốc thường lấy $\sim 5^\circ$, các bán kính r và R lấy như sau:

$$r = 0,05h + (0,5 \sim 1)\text{mm}$$

$$R = 2,5r + (0,5 \sim 1)\text{mm}$$



Hình 14-2